

Análisis de la concentración de lactato en gimnastas. Pautas de actuación en referencia a la pausa interejercicios y la ingesta post-entrenamiento

JUAN ANTONIO LEÓN PRADOS

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla

Resumen

Se valora la importancia del tiempo de recuperación entre rutinas así como la ingesta post-entrenamiento para favorecer los procesos de recuperación entre dos sesiones de entrenamiento, analizando para ello la importancia que posee la glucólisis anaeróbica en la obtención de energía dentro de las actividades desarrolladas en el entrenamiento de estos gimnastas. Se analizaron los valores medios de lactato obtenidos en 4 gimnastas varones de $17,75 \pm 0,5$ años, tras los dos minutos de recuperación que seguían a la realización de cada una de las tres series de ejercicios de competición en tres aparatos (anillas, suelo y paralelas), separados entre sí 8 minutos junto a dos muestras de lactato tras 5 y 10 minutos de la finalización de la última serie. Los resultados muestran que se obtienen valores medios de lactato que oscilan entre los 6,8 y los 9,9 mmol/l durante los 35 minutos que dura el tratamiento en cada aparato. Se concluye que la participación de las vías anaeróbicas resultan muy importantes en la génesis energética, por lo que la duración y actividad realizada durante la pausa junto a la determinada ingesta de algunos nutrientes inmediatamente después de finalizar la sesión de entrenamiento favorecen una resíntesis más rápida de determinados sustratos energéticos desgastados durante el mismo, acelerando la recuperación las diferentes series y entre sesiones de entrenamiento, posibilitando con ello un mayor potencial de rendimiento.

Palabras clave

Gimnasia artística, Vías energéticas, Lactato, Preparación biológica, Fatiga, Recuperación.

Abstract

We value the importance of the time of recovery between routines as well as the post-training ingestion to favour the recovery processes between two sessions of training. In order to do that we analyse the importance that the anaerobic ways of obtaining energy possess inside the activities developed in the training of these gymnasts. We analyse the mean values of lactate obtained from 4 male gymnasts of $17,75 \pm 0,5$ years after the two minutes of recovery that followed the realization of each one of the three series of competition exercises in three apparatus (rings, floor and parallel bars), separated each other 8 minutes. These values are analysed together with the observations of two lactate samples after 5 and 10 minutes of the end of the last series. The results show that the mean values of lactate obtained range between 6,8 and 9,9 mmol/l during the 35 minutes that the treatment lasts in each apparatus. We can conclude that anaerobic ways play a very important role in the energetic genesis. That is the reason why the length and the activity carried out during the pause, along with to the certain intake of some nutrients immediately after the conclusion of the training session, favour a quicker synthesis of the energetic substratum's consumed during the session. This accelerates the recovery and facilitates a bigger potential of performance.

Key words

Artistic Gymnastics, Energy roads, Lactate, Biological preparation, Fatigues, Recovery.

Introducción

La fatiga aparece como un mecanismo de defensa, de protección, activado en diferentes situaciones donde las funciones orgánicas y celulares están deterioradas, y por tanto previene la aparición de lesiones celulares irreversibles y numerosas lesiones deportivas, que supondrían un deterioro irreversible de nuestro organismo.

Barbany (1990) define a la fatiga como un estado funcional de significación protectora, transitorio y reversible, expresión de una respuesta de índole homeostática, a

través de la cual se impone de manera ineludible la necesidad de cesar o, cuando menos, reducir la magnitud del esfuerzo o la potencia del trabajo que se está realizando. Sin embargo, la fatiga generada mediante un entrenamiento racional y sistematizado es un estado imprescindible para poder conseguir respuestas de adaptación que generen un aumento del potencial motor general y específico del deportista (Terrados y Padilla, 2000).

Los mecanismos que generan la fatiga aguda (aquella generada tras finalizar la sesión de entrenamiento) o la

fatiga subaguda (generada durante varios microciclos de entrenamiento y como consecuencia de la acumulación de la anterior) pueden ser muy diferentes atendiendo a cada modalidad deportiva.

Esta fatiga aguda y subaguda aparece en mayor o menor medida a dos niveles, dependiendo de las características de los ejercicios realizados respecto a su intensidad relativa y potencia de ejecución, así como de su frecuencia y duración, hablándose de fatiga a nivel central (Gandevia *et al.*, 1996) cuando la causa está por encima de la placa motora (existiendo fallos en la actividad neural, inhibiciones aferentes desde los husos neuromusculares y terminaciones nerviosas, depresión de la excitabilidad de la neurona motora, alteraciones de la transmisión del impulso sináptico o fallos en la propia sinapsis en la placa motora por la disminución de la liberación del neurotransmisor) y de fatiga a nivel periférico (Green, 1987) cuando afectan a las estructuras por debajo de la placa motora y que afectan a la activación muscular (dificultad para desarrollar el potencial de acción por déficit del neurotransmisor y reducción de la liberación del calcio desde el sarcolema, junto con el acumulo de otras sustancias que interfieren en la unión calcio y troponina-C, alterando la eficacia de la interacción o acoplamiento entre la actina y miosina en la activación muscular).

En general, un gimnasta realiza esfuerzos relativamente cortos y frecuentes a una intensidad relativa elevada, cuyo tiempo de esfuerzo intenso real sumado

no excede de los 20 minutos durante sesiones intensas de dos horas (Jemni *et al.* 2003a), y pese a que pueda parecer un pequeño volumen de entrenamiento para producir fatiga, es necesario para la prevención de riesgos de lesión al realizar elementos que necesitan un alto índice de coordinación y precisión en sus acciones a una alta potencia media de ejecución durante un tiempo que oscila en general (exceptuando el ejercicio de salto) entre los 25 y 50 segundos. Por ello, las principales causas que van a generar la fatiga crónica durante el entrenamiento van a estar asociadas en general a la carga soportada en la realización de los ejercicios de entrenamiento y /o competición en cada aparato (duración y número de elementos de fuerza dinámica o estática, volumen e intensidad de las series acrobáticas, etc.) y del aparato/s que trabaje en la sesión de entrenamiento (caballo de salto, anillas, suelo, barra fija, caballo con arcos o paralelas).

Por tanto, conociendo las características bioenergéticas del deporte (*tabla 1*), las características de los ejercicios realizados y la carga soportada por el gimnasta, podremos aproximarnos mejor al tipo de fatiga que se produce durante el entrenamiento o/y la competición.

En gimnasia artística, se genera gran fatiga a nivel central, debido principalmente a la enorme exigencia neuromuscular de los ejercicios de entrenamiento o competición, debido no sólo a la enorme complejidad coordinativa sino a que son realizados en su mayoría con una alta potencia de ejecución, o con niveles de fuerza cerca-

Aparatos/ Características	Suelo	Caballo con arcos	Anillas	Caballo de salto	Paralelas	Barra fija
Exigencias técnicas y coordinativas	Altas o muy altas					
Vía energética predominante (1)	ATP-CP Anaeróbica láctica	ATP-CP Anaeróbica láctica	ATP-CP Anaeróbica láctica	ATP-CP	ATP-CP Anaeróbica láctica	ATP-CP Anaeróbica láctica
Sustrato energético predominante (1)	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr	ATP	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr Glucosa
Esfuerzo realizado principalmente por	Tren superior e inferior	Tren superior	Tren superior	Tren inferior	Tren superior	Tren superior
Duración media del esfuerzo (s)	De 50 a 70	25-35	25-35	De 4 a 6	25-35	25-35
ATP: ATP muscular; PCr: Fosfato de Creatina (1) Datos adaptados de Kindermann <i>et al.</i> (1979) y Platonov (1991). La principal fuente de energía utilizada es la de los fosfágenos, aunque la glucolítica anaeróbica también se manifiesta de forma importante debido a la intensidad y duración de determinados esfuerzos y la repetición de éstos en el tiempo y durante la totalidad del entrenamiento.						

Tabla 1
Resumen de las características bioenergéticas del deporte.

nos a su fuerza estática máxima, sino también por el alto grado de activación psicológica necesaria para la realización del ejercicio que a veces supone para el gimnasta una relativa situación de riesgo percibido. Por tanto, la fatiga a nivel central va a estar relacionada con una disminución de la máxima activación neuronal voluntaria, con alteraciones en el reclutamiento y sincronización de las unidades motrices condicionando la capacidad coordinativa junto a la depleción de los niveles de PCr, condicionando el grado de eficacia en sus acciones.

A su vez, también existe una gran fatiga a nivel periférico, debido a la repetición frecuente en el tiempo de los ejercicios con las exigencias antes mencionadas o de otros ligeramente menos intensos que han de mantenerse en el tiempo del orden de 30 a 50 segundos por regla general (excepto en caballo de salto), requiriendo durante ese tiempo y a una gran capacidad y potencia de las vías metabólicas como la de los Fosfágenos y glucólisis anaeróbica respectivamente, destacando los siguientes factores como los principales en la generación de fatiga en este tipo de actividades:

1. Alteraciones en el sustrato energético y acúmulo de metabolitos.

- Depleción de fosfocreatina y alteración en la CreatinKinasa, lo que se traduce en una pérdida de fuerza durante la activación muscular intensa debido al exceso de fósforo inorgánico (Pi), procedente de la hidrólisis del PCr, inhibiendo en cierta medida la frecuencia y potencia de la activación muscular (Matthews, 1992).
- Depleción de Glucógeno muscular, lo que impide mantener la potencia de suministro energético a través de la vía glucolítica anaeróbica, cuya contribución junto al déficit de oxígeno generado por la realización de ejercicios en apnea inspiratoria (Boileau *et al.* 1984) producen una gran acidosis muscular por la acumulación de H^+ , que inhibe progresivamente la continuación de la activación muscular. Estos entrenamientos intensos o moderados de entre 2 a 4 horas, vacían de forma importante los depósitos de glucógeno (J. L. Ivy, 1991, 2001; Jemni *et al.*, 2001).
- Aumento de la concentración de Amonio (NH_4^+), que inhibe el mecanismo oxidativo y sobrecarga los sistemas anaeróbicos de obtención de energía (N. Terrados; S. Padilla, 2000).
- Disminución del flujo de oxígeno a los tejidos, debido principalmente a que la realización de ejerci-

cios invertidos genera un déficit de oxígeno mayor en la ventilación pulmonar y que durante la realización de los ejercicios gimnásticos (principalmente en paralelas y anillas) el VO_2 es en general menor que tras su finalización, donde se realizan frecuentes activaciones isométricas en apnea inspiratoria (M. Ukran, 1978), incrementando la presión intramuscular y colapsando en cierta medida la circulación sanguínea intramuscular, disminuyendo el aporte de nutrientes y retardando la eliminación de metabolitos a nivel muscular, favoreciendo con ello un descenso del rendimiento.

2. Aumento del porcentaje de participación de aminoácidos ramificados como sustrato para la obtención de energía, en microciclos donde el volumen general de entrenamiento sea muy alto, con una intensidad media-alta y entrenamientos de dos o tres horas, y si el consumo de hidratos de carbono contribuye menos del 50% en las calorías totales generadas por la ingesta diaria (N. Terrados; S. Padilla, 2000).

Por tanto, en el entrenamiento deportivo de un deportista en general y un gimnasta en particular, sobre todo en ciertos niveles de rendimiento (donde la frecuencia y la intensidad de los entrenamientos son elevados, con intensas y variadas activaciones musculares), una incorrecta planificación de los estados de fatiga no sólo puede conducir a graves errores y grandes pérdidas o estancamientos del nivel de rendimiento específico del gimnasta, sino que aumenta el riesgo de lesión por traumatismos y sobrecarga (M. Ukran, 1978; N. Terrados, S. Padilla, 2000).

Este trabajo, pretende valorar la importancia que puede tener la glucólisis anaeróbica en la producción de la energía necesaria para la realización de los ejercicios gimnásticos en diferentes aparatos y con ello, valorando con ello el nivel de depleción del glucógeno muscular para establecer estrategias de recuperación activas (descanso activos e ingesta de alimentos a nivel intra e inter-sesiones respectivamente), con el fin de poder garantizar en mayor medida la repetición de los esfuerzos con unas expectativas de éxito que no estén condicionadas por la fatiga.

Método

Basándonos en los estudios de Jemni *et al.* (2000), Jemni *et al.* (2001), Jemni *et al.* (2003a) y Jemni *et al.* (2003b), para estimar la fatiga generada por la par-

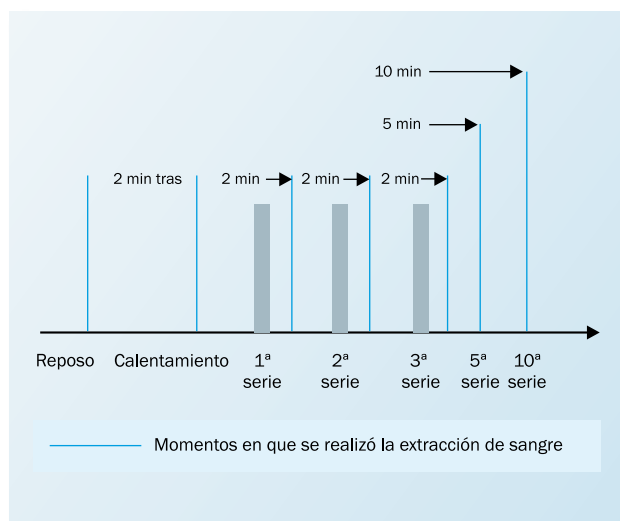


Figura 1

Protocolo de extracción del lactato para cada gimnasta y aparato.

Todos los gimnastas obtuvieron valores de lactato inferiores a 2 y a 3,5 mmol/l en reposo y tras 2 minutos finalizado el calentamiento, respectivamente.

participación de la vía anaeróbica láctica en 4 gimnastas masculinos de dos selecciones nacionales juniors (españoles y rumanos) de $17,75 \pm 0,5$ años, realizándose un análisis de la concentración de lactato en sangre extraída del pulpejo del dedo índice tras los dos minutos de recuperación que seguían a la realización de cada una de las tres series de ejercicios de competición en cada aparato (anillas, suelo y paralelas), separados entre sí 8 minutos y se realizaron tomas de lactato tras 5 y 10 minutos de la finalización de la última serie (figura 1).

Las series en cada aparato se realizaron en días diferentes separados con un día de descanso. La medición de lactato se realizó con el analizador de lactato Accusport, tiras reactivas, y capilares heparinizados de 32 ml.

Se calcularon las medias, desviaciones típicas y coeficiente de variación de cada una de las variables medidas en cada grupo de edad y sexo, así como el análisis de la varianza de las variables medidas por serie y aparato para contrastar las diferencias entre los valores obtenidos entre cada serie del ejercicio realizado por aparato y entre los ejercicios entre los diferentes aparatos en cada serie. Cuando había diferencias significativas se utilizó el test de Sheffe para contrastes posteriores.

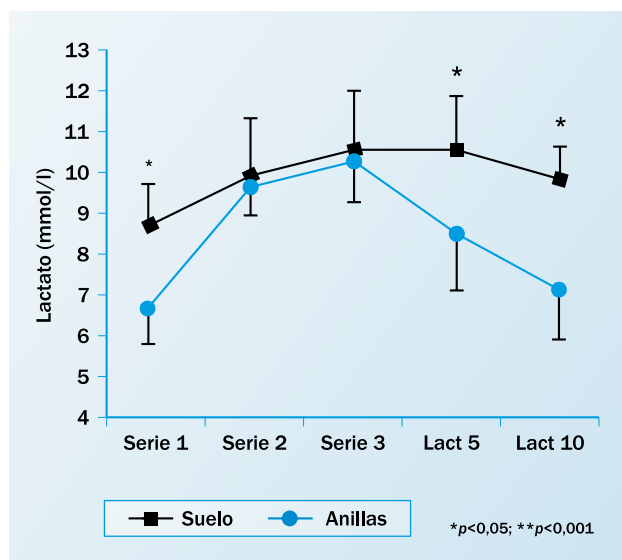
El programa informático utilizado para las operaciones estadísticas fue el SPSS v.11 para Windows.

Resultados

Serie	Aparato	Medida	Media	Desv. típica	Coef. Var. (%)
Serie 1	Suelo	Lactato	8,7	1,1	12,1
		Duración	71,3	2,6	3,7
	Anillas	Lactato	6,7	0,9	13,6
		Duración	35,3	1,9	5,4
	Paralelas	Lactato	6,4	0,6	9,1
		Duración	31,8	1,7	5,4
Serie 2	Suelo	Lactato	10,0	1,4	13,9
		Duración	72,3	2,2	3,1
	Anillas	Lactato	9,6	0,6	6,6
		Duración	35,3	1,9	5,4
	Paralelas	Lactato	7,4	0,8	10,1
		Duración	34,5	1,3	3,7
Serie 3	Suelo	Lactato	10,5	1,5	14,4
		Duración	73,3	1,9	2,6
	Anillas	Lactato	10,3	1,0	9,8
		Duración	33,0	0,8	2,5
	Paralelas	Lactato	7,5	0,7	9,0
		Duración	35,0	2,2	6,2
Serie 5	Suelo	Lactato	10,7	1,3	11,9
	Anillas	Lactato	8,5	1,3	15,6
	Paralelas	Lactato	7,2	0,7	10,4
Serie 10	Suelo	Lactato	9,9	0,8	8,0
	Anillas	Lactato	7,2	1,2	17,3
	Paralelas	Lactato	5,8	0,7	11,5
Valores estadísticos de lactato en suelo en las 5 series			9,9	1,2	12,1
Valores estadísticos del Tiempo del ejercicio de suelo en las 3 series			72,3	2,2	3,1
Valores estadísticos de lactato en anillas en las 5 series			8,4	1,0	12,1
Valores estadísticos del Tiempo del ejercicio de anillas en las 3 series			34,5	1,5	4,4
Valores estadísticos de lactato en paralelas en las 5 series			6,8	0,7	10,0
Valores estadísticos del Tiempo del ejercicio de paralelas en las 3 series			33,8	1,7	5,1

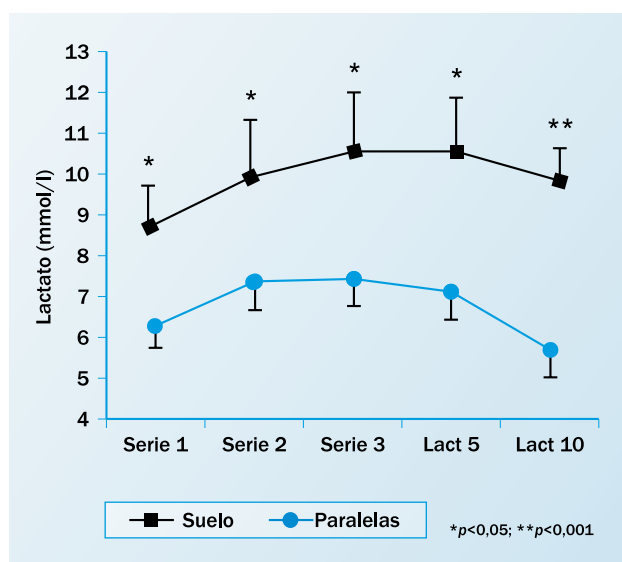
Tabla 2

Valores descriptivos; media, desviación típica y coeficiente de variación de las variables lactato y tiempo de duración del ejercicio de cada una de las tres series, así como el lactato medio tras 5 y 10 minutos de finalizar la 3ª serie.

**Figura 2**

Valor medio de la concentración de lactato en los ejercicios de suelo y anillas dos minutos después de terminar cada serie y 5 y 10 minutos tras realizar la última serie.

Diferencias significativas entre series de Anillas: 1-2 ($p = 0,024$), 1-3 ($p = 0,005$), 3-10 ($p = 0,014$), no existiendo diferencias significativas de lactato entre los valores registrados en cada serie en suelo.

**Figura 3**

Valor medio de la concentración de lactato en los ejercicios de suelo y paralelas dos minutos después de terminar cada serie y 5 y 10 minutos tras realizar la última serie.

Diferencias significativas entre series de Paralelas: 3-10 ($p = 0,045$), no existiendo diferencias significativas de lactato entre los valores registrados en cada serie en suelo.

Discusión

La concentración de lactato en sangre está generada por la producción que genera la intervención de la glucólisis anaeróbica y la velocidad de aclaración del mismo (Parra *et al.*, 2000), y suelen ser usualmente altos tras la realización de ejercicios intensos. El grado de acondicionamiento de utilización de las vías oxidativas y la capacidad buffer del sujeto pueden disminuir la concentración de lactato en sangre para un mismo valor de intensidad relativa.

En relación a los estudios de Jemni *et al.* (2000), con una muestra de 7 gimnastas varones de la selección nacional Francesa, Jemni *et al.* (2003a), Jemni *et al.* (2003b) con una muestra de 12 gimnastas varones del equipo nacional francés y los de Rodríguez *et al.* (1999) con chicas gimnastas y en referencia al ejercicio de suelo, los gimnastas de este estudio presentaron parecidos niveles de lactato en sangre en la realización de los ejercicios de competición en cada aparato (tabla 2). Estos valores sugieren una importante participación de la glucólisis anaeróbica para la obtención de gran parte de la energía necesaria en la realización de estos esfuerzos y que a pesar de que la contribución de esta vía metabólica varía según el aparato, los niveles no descienden de los 5 mmol/l tras 10 minutos de recuperación.

En relación a los niveles medios de lactato encontrados en los ejercicios realizados en los diferentes aparatos, se detectan mayores niveles en los ejercicios de suelo, anillas y paralelas respectivamente, coincidiendo con los resultados obtenidos en los estudios de Goswami y Gupta (1988) en los que tras ellos, les siguen barra fija y caballo con arcos.

No se encuentran diferencias significativas entre los valores medios de lactato obtenidos en el ejercicio de suelo en cada serie ni tras 5 y 10 minutos de descanso pasivo, manteniendo valores medios de lactato por encima de 8 mmol/l tras 10 minutos de descanso (figura 2), lo que puede relacionarse con un gran nivel de participación del metabolismo anaeróbico láctico en la producción energética de los ejercicios que se realizan en este aparato.

Encontramos un descenso significativo de lactato ($p = 0,014$) entre la 3ª serie y 10 minutos de recuperación tras ella en el ejercicio de paralelas (figura 3), posiblemente a causa de la menor concentración de lactato registrado en ese aparato.

Sin embargo, y a pesar de que en el ejercicio de anillas y paralelas, la demanda de fuerza de los músculos del tren superior es superior a la del tren inferior (a di-

ferencia del ejercicio de suelo donde en general existe una mayor compensación) podemos observar cómo no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos en la 3ª serie de anillas y 5 y 10 minutos después (figura 4), posiblemente reflejo de la mayor intensidad que requieren los elementos desarrollados en este aparato respecto a los realizados en paralelas.

Se observa unos valores significativamente superiores de lactato en todas las series y periodos de recuperación en suelo respecto a las paralelas (figura 3), cosa que no ocurre de forma tan clara, pero si en la 1ª serie y periodos de descanso entre suelo y anillas (figura 2), lo que puede relacionarse con un esfuerzo relativo de mayor intensidad y duración en los ejercicios de anillas respecto a los de suelo, lo que provocaría que a pesar de que el ejercicio de suelo dure el doble, no existan diferencias significativas entre los valores de lactato encontrados entre las series 2ª y 3ª debido seguramente a la mayor intensidad relativa con que participa la musculatura del tren superior en los ejercicios de anillas.

Como se observa en la tabla 2, el tiempo medio de duración de los ejercicios de suelo ha sido de $72,3 \pm 2,2$ segundos, doblando la duración de los ejercicios realizados en anillas y paralelas, y con un valor medio de lactato de $9,9 \pm 1,2$ mmol/l. Por tanto, atendiendo a los valores medios de evolución del lactato tras las 3 series y las tomas realizadas tras 5 y 10 minutos de descanso a partir de la última serie, las rutinas de suelo son las que demandan la vía anaeróbica glucolítica a mayor intensidad. L. Guidetti *et al.* (2000) estima que la participación de las vías anaeróbica en una rutina con balón en gimnasia rítmica en un 51 % aproximadamente de la energía total consumida, apreciada indirectamente a través de la energía equivalente al déficit de oxígeno estimado por el mayor VO_2 en el componente rápido de la recuperación (ATP y fosfátenos; 9 %) y el pico máximo de lactato encontrado en la recuperación (glucólisis anaeróbica; 42 %), por lo que para un tiempo ligeramente inferior y la realización de habilidades de mayor potencia media en la rutina de suelo en gimnasia artística, es razonable esperar una mayor participación de la vía anaeróbica láctica, sobre todo en la rutina de suelo así como una mayor participación de la vía anaeróbica aláctica, disminuyendo la participación de las vías aeróbicas. Estos porcentajes tenderían a aumentar a favor de las vías anaeróbicas alácticas a medida que realizamos ejercicios fraccionados de las rutinas principalmente de los siguientes aparatos (anillas, paralelas, barra fija y caballo con arcos respectivamente) al reducirse paulatina-

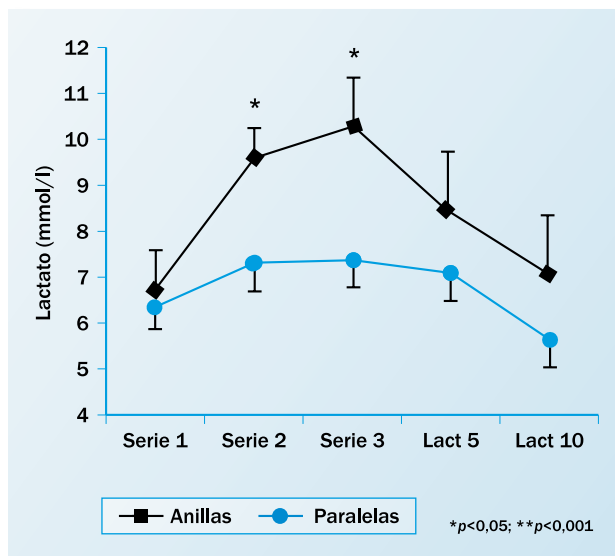


Figura 4

Valor medio de la concentración de lactato en ejercicios de anillas y paralelas dos minutos después de terminar cada serie y 5 y 10 minutos tras realizar la última serie.

Diferencias significativas entre series de Anillas: 1-2 ($p=0,024$), 1-3 ($p=0,005$), 3-10 ($p=0,014$) y entre series de Paralelas: 3-10 ($p=0,045$).

mente el tiempo de duración e incrementarse/mantenerse la intensidad relativa por unidad de tiempo en general.

Sin embargo, el aparato que exige en menor medida de la vía anaeróbica láctica, genera valores de lactato que están por encima de 5 mmol/l (Goswami y Gupta, 1988), lo que en general corresponde a unos valores superiores al umbral anaeróbico (Kindermann *et al.*, 1979) y que en este estudio, han sido mantenidos por periodos de tiempo superiores a los 25 minutos tan sólo realizando 3 series



Momento de la extracción de la sangre capilar.

separadas entre sí ocho minutos que oscilan entre los 30 y los 36 segundos de duración en anillas y paralelas. Por tanto, y teniendo en cuenta las características de los ejercicios que realizan y la duración de las sesiones de entrenamiento (unos 120 minutos/sesión aproximadamente), nos parece razonable estimar que la vía anaeróbica láctica participa de forma importante en la obtención de la energía necesaria para el rendimiento del gimnasta, facilitando con ello una importante depleción de glucógeno hepático y sobre todo muscular, que debería ser restablecido en el menor tiempo posible, especialmente útil en ciclos donde exista dobles sesiones de entrenamiento.

También se observa incrementos significativos de los valores de lactato obtenidos en la 2ª y 3ª serie del ejercicio de anillas respecto a la 1ª (figura 4). Estudios de Saltin (1973) relacionan la actividad desarrollada durante la pausa intraejercicio con el estado de fatiga en relación a la velocidad de eliminación de catabolitos, de modo que se favorece la eliminación de catabolitos realizando una actividad similar a la que los genera pero a una intensidad menor, entre el 40-60% del $\text{VO}_2 \text{ máx}$. En otro estudio específico con gimnastas donde descansaban 10 minutos entre cada rutina, y se tomaban las muestras de lactato tras el ejercicio de competición a los 2,5 y 10 minutos, se comprueba que el grupo de gimnastas que realizó 5 minutos de pausa pasiva (sentado) y 5 minutos de pausa activa (realizando actividades elegidas por el propio gimnasta) no sólo favorecía la resíntesis y el aclaramiento de lactato sino que estos gimnastas obtenían mejores puntuaciones en sus ejercicios (Jemni, M. *et al.*, 2003a; 2003b).

Por tanto, las pausas entre diferentes ejercicios deberán ser lo suficientemente largas y activas para favorecer la resíntesis de fosfátenos. Saltin (1973) sugiere del orden de 3 a 6 minutos para una resíntesis completa en ciclistas después de hacer un sprint de 30 segundos, por lo que consideramos que pausas de al menos entre 3 y 5 minutos pueden ser adecuadas en la resíntesis del PCr en un gimnasta, sobre todo en microciclos de competición y cuando los ejercicios no se realizan en su totalidad. Cuando se realicen en su totalidad, el tiempo de descanso deberá incrementarse para favorecer además el aclaramiento de lactato, considerando adecuada la realización de ejercicios similares a los realizados en competición o durante el entrenamiento de intensidad comprendida entre el 40 y el 60% del $\text{VO}_2 \text{ máx}$ durante la pausa y al finalizar la parte principal de la sesión, sobre todo en sesiones vespertinas de microciclos con doble sesión de entrenamiento. Consideramos que las vías anaeróbicas generan la mayor

cantidad de energía para las actividades desarrolladas en los ejercicios de competición de un gimnasta, predominando la anaeróbica láctica fundamentalmente en las rutinas de suelo y sobre todo en determinados microciclos o mesociclos no competitivos donde la carga soportada puede ser de gran volumen e intensidad.

Respecto a la ingesta de alimentos post-entrenamiento, Zehnder (2004) indica que para ejercicios que exigen activaciones musculares excéntricas intensas, una dieta alta en carbohidratos no asegura una repleción tan rápida de dichos niveles probablemente debido a un mayor daño celular. Sin embargo, la ingesta de hidratos de carbono de absorción rápida momentos antes de la finalización del ejercicio, inmediatamente después o antes de una hora tras finalizar el ejercicio han demostrado ser útiles para aumentar la velocidad de resíntesis de glucógeno (Ivy, 1991, 2001; Blomstrand y Saltin, 1999; Burke *et al.*, 2003; Burke *et al.*, 2004), de manera que la ingesta de alimentos ricos en carbohidratos con un alto índice glucémico y preferentemente diluidos inmediatamente después del ejercicio y con bajo contenido en proteínas y grasas produce una reposición mayor de los depósitos de glucógeno que cuando se hace la ingesta 2 horas después, lo que adelanta en el tiempo la recuperación del gimnasta para una misma frecuencia de entrenamiento. Es preferible ingerir los carbohidratos en forma diluida, ya que favorecemos la rehidratación, sobre todo cuando se han podido generar alteraciones electrolíticas y deshidratación por un gran volumen de entrenamiento en ambientes con alta humedad relativa y elevada temperatura ambiental que favorecen una pérdida de rendimiento (Ekblom, *et al.*, 1970 y J. González-Alonso, 2000).

En conclusión, y para esta modalidad deportiva:

- Los requerimientos metabólicos respecto a la participación de la glucólisis anaeróbica son importantes en los diferentes aparatos estudiados, aunque la magnitud de su participación varía en orden decreciente desde el ejercicio de suelo, anillas a paralelas, coincidiendo con los resultados obtenidos por Jemni *et al.* (2000), Jemni *et al.* (2001), Jemni *et al.* (2003a), Jemni *et al.* (2003b) y Rodríguez *et al.* (1999).
- Se debería favorecer la resíntesis y el aclaramiento de lactato entre los ejercicios realizados en entrenamiento y en competición, mediante la realización de ejercicios parecidos a los realizados en competición, de moderada a baja intensidad repartidos durante la pausa.

- La estimulación de la repleción de los depósitos de glucógeno muscular hepático y muscular en el menor tiempo posible tras cada entrenamiento pueden ser estrategias importantes a tener en cuenta como parte de la preparación biológica del gimnasta, que lo predisponga a un estado de rendimiento potencialmente más óptimo, posibilitando unas mayores expectativas de rendimiento.
- Estas estrategias podrían ayudar a los entrenadores en la optimización del estado de rendimiento de sus gimnastas, sobre todo en determinados periodos relativamente cercanos a la competición, donde los gimnastas realizan de 2 a 5 veces cada ejercicio de competición.

Bibliografía

- Barbany, J. R. (1990). *Fundamentos de Fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona: Barcanova
- Boileau, R. A.; McKeown, B. C. y Ryner, W. F. (1984). Cardiovascular and metabolic contributions to the maximal aerobic power of the arms and legs. *Int J Sports Cardiol.* 1, 67-75.
- Blomstrand E. y Saltin B. (1999). Effect of muscle glycogen on glucose, lactate and amino acid metabolism during exercise and recovery in human subjects. *J Physiol.* 1999 Jan 1;514 (Pt 1):293-302
- Burke L. M., Kiens, B. y Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci.* 2004 Jan;22(1):15-30.
- Burke L. M.; Slater, G.; Broad, E. M.; Haukka, J.; Modolon, S y Hopkins, W. G. (2003). Eating patterns and meal frequency of elite Australian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003 Dec;13(4):521-38.
- Ekblom, B.; Greenleaf, C. J. y Hermansen, L. (1970). Temperature Regulation during exercise dehydration in man. *Acta Physiologica Scandinavica. Suppl.* 454: 1-32
- Gandevia, S. C.; Allen, G. M.; Butler, J. E. y Taylor, J. L. (1990). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *Journal of Physiology*, 490 (2): 529-536.
- González-Alonso, J. (2000). El ejercicio físico en ambientes con temperaturas extremas: Importancia para el entrenamiento y el rendimiento deportivo. *III Jornadas de formación para técnicos andaluces. Fundación Andalucía Olímpica*. Málaga.
- Goswami, A. y Gupta, S. (1998). Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routines. *J Sport Med Phys Fitness.* Dec;38(4):317-22.
- Green, H. J. (1987). Neuromuscular aspects of fatigue. *Can Journal Sports Sci* 12 (1), 7S-19S.
- Ivy J. L. (2001). Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Can J Appl Physiol.* 2001;26 Suppl: S236-45.
- Ivy, J. L. (1991). Muscle glycogen synthesis before and after exercise. *Sports Medicine.* 11 (1): 6-19
- Jemni, M.; Friemel, F.; Lechevalier, J. M. y Origas, M. (2000). Heart rate and blood lactate concentration analysis during a high-level men's gymnastics competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 389-394.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Sands, W. y Mikesky, A. (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*, 26(5), 442-56.
- Jemni M. y Sands W. (2003a). Active recovery during gymnastics session. *Elite Gymnastics Journal.* 26(5): 19-26
- Jemni, M.; Sands, W. A.; Friemel, F. y Delamarche, P. (2003b). Effect of active and passive recovery on blood lactate and performance during simulated competition in high level gymnasts. *Can Journal Applied Physiol.* Apr; 28 (2): 240-56.
- Kindermann, W.; Simon, G. y Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur Journal Applied Physiol* 42: 25-34.
- Matthews, G. G. (1992). *Fisiología celular del nervio y el músculo*. Madrid: Interamericana-McGraw-Hill.
- Parra, J.; Cdefau, J. A.; Amigo, N. y Cusso, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptation of energy metabolism induced by high intensity training human muscle. *Acta Physiol Escand.* 169 (2), 157-260.
- Platonov, V. N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Barcelona. Paidotribo.
- Rodríguez, F. A. y Marina, M. (1999). Physiological demands of women's competitive gymnastic routines. *Fourth Annual Congress of the European College of Sports Science: Sport Science '99 in Europe* (p. 430). Rome: ECSS.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5: 137-146.
- Terrados, N. y Padilla, S. (2000). *Medios y métodos de recuperación del entrenamiento y la competición*. Módulo 2.4.4. del Máster en Alto Rendimiento Deportivo. Centro Olímpico de Estudios Superiores. Comité Olímpico Español. Universidad Autónoma. Madrid.
- Ukran, M. L. (1978). *Gimnasia Deportiva*. Zaragoza. Acribia.
- Zehnder M.; Muelli M.; Buchli, R.; Kuehne, G. y Boutellier, U. (2004). Further glycogen decrease during early recovery after eccentric exercise despite a high carbohydrate intake. *Eur J Nutr.* 2004 Jun;43(3):148-59. Epub 2004 Jan 06.